

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE CUBAGEM ABSOLUTOS COM O VOLUME OBTIDO PELO XILÔMETRO PARA BRACATINGA (*Mimosa scabrella* Bentham)

Sebastião do Amaral Machado¹, Saulo Jorge Téo², Edilson Urbano³, Marco Aurélio Figura⁴, Luís César Rodrigues da Silva⁵

(recebido: 12 de dezembro de 2005; aceito: 30 de junho de 2006)

RESUMO: Os volumes reais obtidos através de diversos métodos de cubagem para o fuste e para seções do fuste de árvores de bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) foram comparados com seus respectivos volumes obtidos através de medições no xilômetro (técnica de deslocamento de água). Ao todo foram abatidas 54 árvores provenientes de bracatingais de diversos municípios da porção norte da Região Metropolitana de Curitiba, no Estado do Paraná. As árvores amostra apresentaram DAP variando de 7,2 a 29,5 cm, as quais foram agrupadas em 4 classes diamétricas. Os tratamentos analisados estatisticamente foram o xilômetro (testemunha); 4 métodos de cubagem absolutos (Smalian, Huber, Newton e Centróide), cada um com 3 comprimentos de seção diferentes (1, 2 e 4m); as quatro classes diamétricas configuraram os blocos de dados do delineamento estatístico. Todos os tratamentos apresentaram diferença estatística significativa com relação ao xilômetro, tendendo a superestimar os volumes quando comparados com o volume verdadeiro. Dentre os métodos de cubagem, o método de Huber apresentou tendência de ser o mais exato, apesar de ter apresentado diferença estatística significativa com relação ao volume verdadeiro obtido através do xilômetro.

Palavras-chave: Determinação de Volume, cubagem rigorosa, xilômetro, *Mimosa scabrella* Bentham.

COMPARISON OF ABSOLUTE VOLUME CALCULATION METHODS WITH WATER-DISPLACEMENT TECHNIQUE FOR *Mimosa scabrella* Bentham

ABSTRACT: The observed volumes obtained by several volume calculation methods for the bole and sections of the bole of *Mimosa scabrella* trees were compared with their respective true volumes obtained by measurements in xylometer (water-displacement technique). Fifty four sample trees were felled and measured into several municipal districts of the Curitiba Metropolitan Region, in the Paraná State. The sample trees presented DBH from 7,2 to 29,5cm and were grouped in 4 DBH classes. The treatments statistically analysed were the xylometer (control); four absolute volume calculation procedures (Smalian, Huber, Newton and Centroid), each one with three different section lengths (1m, 2m and 4m); the four DBH classes configured the blocks for the statistical analysis. All the treatments presented significant statistic difference related to the xylometer. Amongst the absolute volume calculation procedures the Huber's formula seems to be the most accurate, although having presented significant statistic difference related to the true volume.

Key words: Volume determination, comparison of methods, xylometer, *Mimosa scabrella* Bentham.

1 INTRODUÇÃO

A bracatinga é uma essência florestal tradicional da Região Metropolitana de Curitiba, que vem sendo manejada a cerca de cem anos. O seu sistema de manejo tradicional tem como característica a associação com espécies agrícolas no primeiro ano do período de rotação. Segundo Carpanezzi et al. (1988), esse sistema ocorre majoritariamente em

propriedades agrícolas, sempre próximas a centros consumidores de lenha. A madeira proveniente dos bracatingais é comercializada majoritariamente em estéreos. Entretanto, há uma importante parcela da madeira dos bracatingais que possui potencial para fabricação de móveis, pisos e outros produtos com maior valor comercial; isso torna cada vez mais interessante o conhecimento exato do volume sólido dos bracatingais e dos seus produtos primários.

¹Professor do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná/UFPR – Av. Prof. Lothário Meissner, 3400 – Bairro Jardim Botânico – 80210-170 – Curitiba, PR – sammac@floresta.ufpr.br

²Acadêmico de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná/UFPR – Av. Prof. Lothário Meissner, 3400 – Bairro Jardim Botânico – 80210-170 – Curitiba, PR – teo@floresta.ufpr.br

³Engenheiro Florestal – Mestrando em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná/UFPR – Av. Prof. Lothário Meissner, 3400 – Bairro Jardim Botânico – 80210-170 – Curitiba, PR – edurbano2@hotmail.com

⁴Acadêmico de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná/UFPR – Av. Prof. Lothário Meissner, 3400 – Bairro Jardim Botânico – 80210-170 – Curitiba, PR – figura@floresta.ufpr.br

⁵Acadêmico de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná/UFPR – Av. Prof. Lothário Meissner, 3400 – Bairro Jardim Botânico – 80210-170 – Curitiba, PR – nabravo@floresta.ufpr.br

Há vários métodos de obtenção do volume dos fustes das árvores, entretanto, o método de cubagem através do xilômetro é o único que fornece o valor paramétrico do volume, ou seja, o volume verdadeiro. Os demais métodos de cubagem conhecidos resultam do uso de expressões matemáticas que estimam com certa acuracidade o valor paramétrico do volume do fuste da árvore ou parte dele (MACHADO & FIGUEIREDO FILHO, 2006).

A comparação dos volumes ditos reais, obtidos por diversos métodos de cubagem com o volume verdadeiro, obtido pelo xilômetro, pode não ser tão recente na história da atividade florestal. De acordo com Young et al. (1967), todos os livros texto de mensuração da Europa e América dos últimos cem anos, descreviam o método do xilômetro como aquele que determina o volume exato. Young et al. (1967) imaginaram então, que alguém havia construído um xilômetro e comparado o volume xilometrado com o volume calculado de produtos florestais primários, porém, até aquele momento não havia nenhuma informação sobre tal assunto na literatura.

Figueiredo Filho et al. (2000), Machado & Nadolny (1991), Martin (1984), Phillips & Taras (1987) e Young et al. (1967), utilizaram o xilômetro (técnica do deslocamento de água) como base para a comparação de vários métodos de cubagem, e até funções de afilamento e equações de volume, como é o caso de Martin (1984). Nesses estudos, foram utilizadas diversas espécies diferentes e comparadas 19 formas de obtenção do volume. Todos os cinco estudos destacam a fórmula de Huber como a mais exata, ou prevalecendo entre as mais exatas devido ao menor esforço na sua aplicação.

Young et al. (1967) estudaram os erros na determinação do volume de toras e toretes ocasionados pela utilização das fórmulas de Smalian e Huber. Os erros foram calculados para diferentes comprimentos de seção, espécies e presença ou não de casca. Os resultados apresentados indicam que os erros da fórmula de Huber são menores e estatisticamente diferentes dos erros de Smalian para seções de 2,44 e 4,88 m de comprimento. Para comprimentos de seção menores não houve diferenças significativas.

Phillips & Taras (1987) compararam as fórmulas de Smalian, Huber, Newton, Grosenbaugh, tronco de neilóide e tronco de cone. Os métodos de

cubagem foram comparados em diferentes comprimentos de seção, para diferentes classes diamétricas e com medidas tomadas pela suta e fita diamétrica. Os resultados mostraram que o melhor desempenho em relação ao xilômetro foi obtido pelas fórmulas de Newton e de Huber, os quais forneceram estimativas melhores do que as outras três fórmulas, independente do instrumento de medição.

Machado & Nadolny (1991) compararam as fórmulas de Smalian, Huber e Newton para *Pinus elliottii*, utilizando comprimentos de seção de 1, 2, 4 e 6 m. Foram calculados os erros percentuais, com base no volume verdadeiro, para os volumes totais das árvores e também para os volumes de cada seção ao longo do fuste. Analisando os erros percentuais para os volumes das diferentes seções ao longo do fuste, constatou-se a tendência de todas as fórmulas de cubagem superestimar os volumes da base e subestimar os volumes da parte superior do fuste. Os autores concluíram que as fórmulas de Huber e Newton foram as de melhor desempenho ao analisarem o volume total. Figueiredo Filho et al. (2000) utilizaram o xilômetro construído por Machado & Nadolny (1991) para testar a exatidão de três fórmulas tradicionais de cubagem (Smalian, Huber e Newton) e três métodos recentes (Spline Cúbica, Centróide e sobreposição de seções de Bailey). Além do volume total, os volumes comerciais para laminação, serraria e celulose foram também avaliados neste estudo. Depois de analisados os erros médios absolutos em porcentagem, os autores concluíram que a fórmula de Huber é a mais exata dos seis procedimentos estudados e deve realmente ser usada em todas as circunstâncias.

Por outro lado, todos os autores anteriormente citados, que incluíram a fórmula de Smalian em seus estudos observaram que ela apresentou os piores desempenhos para estimar o volume verdadeiro. Fica claro também, o fato de que a fórmula de Smalian apresenta suas piores estimativas quando combinada com comprimentos de seção grandes, porém, o mesmo não acontece para comprimentos de seção menores. Um bom exemplo deste comportamento é apresentado por Machado & Nadolny (1991). Os seus resultados mostraram uma variação de -3,90 a -9,96% nos erros médios percentuais da fórmula de Smalian para 1 e 6 m de comprimento de seção, respectivamente. Já a fórmula de Huber permaneceu

com seus erros médios percentuais em torno de 3% independentemente dos comprimentos de seção utilizados.

Com esta pesquisa, objetiva-se comparar os métodos de cubagem de Smalian, Huber, Newton e Centróide, em diferentes classes diamétricas e com diferentes comprimentos de seções com os respectivos volumes obtidos pelo xilômetro, para Bracatinga.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Foram coletados dados de 54 árvores amostra de bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) provenientes de diversos bracatingais localizados nos municípios de Tunas do Paraná, Colombo, Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul, Rio Branco do Sul e Almirante Tamandaré na porção norte da Região Metropolitana de Curitiba, Estado do Paraná, na região Sul do Brasil. O clima da região é o Cfb da classificação de Köppen, que corresponde ao clima temperado mesotérmico úmido, e a altitude da região varia de 900 até aproximadamente 1000 m acima do nível do mar.

2.2 Obtenção dos dados

Os diâmetros à altura do peito variaram de 7,2 até 29,5 cm. As árvores foram agrupadas em quatro classes diamétricas: classe A, com diâmetros menores que 10,0 cm (11 árvores); classe B, cujos diâmetros estão compreendidos entre os limites de 10,0 até 14,9 cm (16 árvores); classe C, com diâmetros entre 15,0 e 19,9cm (16 árvores); e classe D, com diâmetros maiores ou iguais a 20,0cm (11 árvores).

As medidas dos diâmetros a diferentes alturas foram tomadas a 0,0 m, 0,15 m, 0,3 m, 0,5 m, 0,7 m, 1,0 m, 1,3 m, 1,8 m, 2,3 m, 2,8 m, 3,3 m e assim sucessivamente até a última seção do fuste da árvore. Com esses dados os métodos de Smalian, Huber e Newton foram aplicados, variando o comprimento das seções a partir de 1,3 m de altura em 1, 2 e 4 m. O método Centróide, quando aplicado para estimar o volume de seções do fuste requer uma medida do diâmetro exatamente no centro do volume de cada seção. Existe uma equação para determinar a posição centróide (posição do centro do volume) na tora de acordo com os diâmetros das suas extremidades e o

seu comprimento (equação 5), o volume é então estimado usando-se os diâmetros das extremidades e da posição centróide. A determinação da posição centróide foi feita no campo com o uso de uma calculadora com capacidade para gravar a fórmula requerida. Assim foi possível tomar a medida da posição centróide em cada seção, tanto para 1, 2 ou 4 m de comprimento de seção. A amostragem centróide é explicada por Wood et al. (1990), já a metodologia para uso da fórmula do centróide para o cálculo do volume de toras encontra-se descrita em Figueiredo Filho et al. (2000) e Wiant Junior et al. (1992) e mais recentemente em Machado & Figueiredo Filho (2006). O uso do método centróide, por ser ainda pouco difundido no Brasil é explicado a seguir:

$$v = g_{i+1} l + \frac{1}{2} b_1 l^2 + \frac{1}{3} b_2 l^3 \quad (1)$$

$$b_1 = \frac{g_i - g_{i+1} - b_2 l^2}{l} \quad (2)$$

$$b_2 = \frac{g_i - g_c \frac{1}{e} - g_{i+1} \left(1 - \frac{1}{e}\right)}{l^2 - le} \quad (3)$$

$$e = 1 - e_1 \quad (4)$$

$$e_1 = 1 - \frac{\left[\left(\left(\frac{D}{d} \right)^4 + 1 \right)^{0,5} - 2^{0,5} \right]}{\left[2^{0,5} \left(\left(\frac{D}{d} \right)^2 - 1 \right) \right]} \quad (5)$$

em que:

v = volume da tora (m^3)

g_i = área transversal na extremidade mais grossa da tora (m^2)

g_{i+1} = área transversal na extremidade mais fina da tora (m^2)

g_c = área transversal no centróide da tora (m^2) medida na distância e_1 (m) da extremidade mais grossa da tora

l = comprimento da tora (m)

d = diâmetro na extremidade mais fina da tora (cm)

D = diâmetro na extremidade mais grossa da tora (cm)

e_1 = distância da extremidade mais grossa da tora até a posição centróide (m)

e = distância da extremidade mais fina da tora até a posição centróide (m)

O xilômetro usado para a medida do volume verdadeiro foi o mesmo aparelho de Machado & Nadolny (1991), formado por dois tambores de óleo emendados, com capacidade para 200 litros cada. A base dos tambores foi reforçada e possui pés rosqueáveis que possibilitam o seu nivelamento. Este aparelho foi reformado para o presente trabalho, recebendo parte de um novo tambor e nova pintura, porém as partes mais importantes do aparelho de Machado & Nadolny (1991) permaneceram, como a base e os pés, as conexões e a escala graduada em litros ou dm^3 , a qual é fixada na parte externa do corpo do xilômetro. Este sistema permite a leitura do volume de água deslocado diretamente em dm^3 (litros).

Para a obtenção do volume verdadeiro o xilômetro era instalado em local plano e com piso cimentado. As toras de bracinga, com no máximo 1 m de comprimento, devidamente identificadas com o número da árvore e posição ao longo do fuste, eram transportadas até o xilômetro. O xilômetro era nivelado com água até a marca zero da escala graduada. As toras eram abaixadas dentro do aparelho até que ficassem totalmente cobertas pela água, então, depois de estabilizada a superfície da água era feita a leitura do volume de água deslocado pela tora. Este procedimento foi repetido para cada uma das seções das 54 árvores amostradas.

2.3 Cálculo dos desvios em porcentagem

De posse dos volumes obtidos pelos quatro métodos de cubagem analíticos (Smalian, Huber, Newton e Centróide) e pelo xilômetro, foram calculados os desvios em porcentagem como medida da exatidão dos métodos de cubagem analíticos. Os desvios foram calculados tendo como base o volume obtido pelo xilômetro, tanto para os volumes das seções como para os volumes totais dos fustes das árvores. Os desvios em porcentagem foram determinados pela fórmula:

$$DES\% = \frac{V \text{ xilômetro} - V \text{ calculado}}{V \text{ xilômetro}} * 100$$

Sendo assim, os desvios negativos indicam superestimativas e os desvios positivos indicam subestimativas em relação ao volume do xilômetro.

2.4 Análise estatística

Para determinar possíveis diferenças entre fontes de variação, foi feita a análise de variância com os dados obtidos do experimento. O delineamento estatístico foi de parcelas subdivididas em blocos ao acaso, sendo que as 4 classes diamétricas (A, B, C e D) configuraram os blocos de dados, e os tratamentos foram os métodos de cubagem (Xilômetro, Smalian, Huber, Newton e Centróide), os quais foram divididos em sub-unidades correspondentes aos comprimentos de seção (1, 2 e 4 m).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Volumes parciais por seção ao longo do fuste

Pela Tabela 1, mostra-se os resultados dos volumes obtidos pelo xilômetro, Smalian, Huber, Newton e Centróide (m^3) e seus respectivos desvios em porcentagem, para as árvores da classe diamétrica "A" e para comprimento de seção de 1 m. No entanto, as três primeiras seções têm comprimento de 0,3 , 0,4 , e 0,6 m, como pode ser observado na segunda coluna da tabela.

Observa-se na Tabela 1 uma tendência geral, de todos os métodos de cubagem, superestimar os volumes das seções da porção inferior do fuste, exceto a primeira seção, a qual teve o volume superestimado somente pela fórmula de Smalian. Na porção intermediária do fuste os desvios continuaram na maioria negativos, porém com menores valores, já na porção superior os desvios foram inicialmente positivos (subestimativa), mas voltaram a ficar com sinal negativo para as duas últimas seções do fuste. Os desvios são geralmente negativos e pequenos na parte intermediária do fuste, aumentando o seu valor em direção à base e ao topo. Na base, os desvios alcançaram até -10% e no topo alcançaram quase -40%.

Ao observar a Tabela 2, referente aos resultados da classe diamétrica "B" também para seções de 1m de comprimento, verifica-se a tendência geral, de todos os métodos de cubagem, de superestimar todas as seções do fuste, exceto a última. Os desvios mais acentuados são observados para as

três primeiras seções basais, os quais chegaram a alcançar quase -15%. Os desvios para as demais seções, exceto a última, ficaram em torno de -7%. As Tabelas 3 e 4, as quais correspondem aos resultados das classes diamétricas “C” e “D”, respectivamente, apresentam de maneira geral as mesmas tendências da Tabela 2. No entanto, na Tabela 4 nenhum dos métodos de cubagem comparados apresentou subestimativas para a última seção do fuste, como na Tabela 2.

Observando-se a Tabela 5, a qual corresponde a classe diamétrica “A”, para 2 m de comprimento de seção, nota-se as mesmas tendências observadas na Tabela 1. Porém, as primeiras seções aparecem com desvios negativos para todos os métodos de cubagem, indicando superestimativas. Ao analisar-se as Tabelas 6 e 7 nota-se as mesmas tendências apresentadas na Tabela 2 para os desvios em porcentagem das seções ao longo do fuste. Na Tabela 8, os resultados seguem as mesmas tendências da Tabela 4, principalmente, ao que diz respeito aos desvios em porcentagem correspondentes a última seção do

fuste. Convém salientar que as Tabelas 4 e 8 correspondem aos resultados da classe diamétrica “D”.

Os resultados da Tabela 9, que correspondem às árvores da classe diamétrica “A”, para 4 m de comprimento de seção, apresentam as mesmas tendências observadas na Tabela 1 e 5. No entanto, na Tabela 9, os desvios referentes às seções da base não indicam subestimativas, e sim superestimativas para todos os métodos de cubagem comparados. E as últimas seções do topo da árvore não apresentam desvios negativos acentuados como nas Tabela 1 e 5. As Tabelas 10, 11 e 12, de maneira geral, apresentam as mesmas tendências das Tabelas 6, 7 e 8, respectivamente.

A maior parte do volume concentra-se na porção inferior do fuste, a qual apresentou desvios acentuados. Para esta porção importante do fuste a fórmula de Huber foi a de melhor desempenho entre as quatro fórmulas comparadas, em todas as classes diamétricas, exceto para a classe diamétrica “A”, onde os métodos de Newton e Centróide apresentaram melhores resultados.

Tabela 1 – Volume parcial por seção e total (m³), obtidos por diversos métodos de cubagem e respectivos desvios em porcentagem: seções de 1 m – árvores da classe diamétrica “A”.

Table 1 – Partial volume by section and total (m³) obtained by several volume calculation formulas and respective deviations in percentage: sections of 1 m – Trees from the diameter class “A”.

Seções	l (m)	Xilom.	Smalian	D %	Huber	D %	Newton	D %	Centróide	D %
1	0,3	0,00250	0,00266	-6,40	0,00238	4,95	0,00247	1,17	0,00241	3,41
2	0,4	0,00250	0,00272	-8,89	0,00271	-8,49	0,00272	-8,62	0,00271	-8,50
3	0,6	0,00337	0,00369	-9,54	0,00373	-10,64	0,00372	-10,28	0,00371	-10,09
4	1,0	0,00535	0,00565	-5,56	0,00566	-5,61	0,00565	-5,60	0,00565	-5,53
5	1,0	0,00487	0,00518	-6,29	0,00511	-4,91	0,00513	-5,37	0,00512	-5,17
6	1,0	0,00480	0,00474	1,26	0,00474	1,24	0,00474	1,24	0,00473	1,41
7	1,0	0,00426	0,00436	-2,35	0,00427	-0,06	0,00430	-0,82	0,00429	-0,63
8	1,0	0,00394	0,00402	-2,02	0,00412	-4,50	0,00408	-3,67	0,00408	-3,48
9	1,0	0,00356	0,00362	-1,94	0,00372	-4,76	0,00369	-3,82	0,00369	-3,77
10	1,0	0,00300	0,00313	-4,23	0,00316	-5,36	0,00315	-4,98	0,00315	-4,85
11	1,0	0,00297	0,00290	2,32	0,00313	-5,38	0,00305	-2,81	0,00304	-2,42
12	1,0	0,00307	0,00278	9,42	0,00279	8,88	0,00279	9,06	0,00279	9,17
13	1,0	0,00310	0,00308	0,67	0,00279	9,94	0,00289	6,85	0,00288	7,25
14	1,0	0,00150	0,00150	-0,31	0,00152	-1,26	0,00151	-0,94	0,00151	-0,79
15	1,0	0,00180	0,00186	-3,17	0,00181	-0,53	0,00183	-1,41	0,00181	-0,69
16	1,0	0,00070	0,00098	-39,39	0,00087	-24,47	0,00091	-29,45	0,00091	-29,42
Total		0,04128	0,04237	-2,64	0,04219	-2,21	0,04225	-2,35	0,04213	-2,06

Tabela 2 – Volume parcial por seção e total (m³), obtidos por diversos métodos de cubagem e respectivos desvios em porcentagem: seções de 1 m – árvores da classe diamétrica “B”.

Table 2 – Partial volume by section and total (m³) obtained by several volume calculation formulas and respective deviations in percentage: sections of 1 m – Trees from the diameter class “B”.

Seções	l (m)	Xilôm.	Smalian	D %	Huber	D %	Newton	D %	Centróide	D %
1	0,3	0,00510	0,00579	-13,46	0,00533	-4,52	0,00548	-7,50	0,00542	-6,24
2	0,4	0,00561	0,00644	-14,91	0,00624	-11,27	0,00631	-12,48	0,00629	-12,17
3	0,6	0,00781	0,00854	-9,46	0,00858	-9,86	0,00857	-9,73	0,00855	-9,56
4	1,0	0,01180	0,01267	-7,39	0,01269	-7,51	0,01268	-7,47	0,01265	-7,21
5	1,0	0,01077	0,01134	-5,34	0,01146	-6,40	0,01142	-6,05	0,01141	-5,97
6	1,0	0,00974	0,01053	-8,10	0,01058	-8,64	0,01056	-8,46	0,01055	-8,37
7	1,0	0,00896	0,00958	-6,89	0,00960	-7,13	0,00959	-7,05	0,00958	-6,85
8	1,0	0,00828	0,00867	-4,74	0,00881	-6,41	0,00876	-5,85	0,00875	-5,69
9	1,0	0,00706	0,00765	-8,35	0,00759	-7,56	0,00761	-7,82	0,00760	-7,69
10	1,0	0,00559	0,00593	-6,01	0,00616	-10,17	0,00608	-8,78	0,00607	-8,62
11	1,0	0,00548	0,00558	-1,85	0,00577	-5,35	0,00571	-4,18	0,00570	-4,07
12	1,0	0,00525	0,00559	-6,53	0,00547	-4,12	0,00551	-4,93	0,00549	-4,65
13	1,0	0,00350	0,00315	10,14	0,00320	8,59	0,00318	9,10	0,00318	9,13
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		0,08549	0,09200	-7,62	0,09193	-7,53	0,09195	-7,56	0,09175	-7,33

Tabela 3 – Volume parcial por seção e total (m³), obtidos por diversos métodos de cubagem e respectivos desvios em porcentagem: seções de 1 m – árvores da classe diamétrica “C”.

Table 3 – Partial volume by section and total (m³) obtained by several volume calculation formulas and respective deviations in percentage: sections of 1 m – Trees from the diameter class “C”.

Seções	l (m)	Xilôm.	Smalian	D %	Huber	D %	Newton	D %	Centróide	D %
1	0,3	0,00878	0,00976	-11,23	0,00934	-6,44	0,00948	-8,04	0,00940	-7,07
2	0,4	0,01013	0,01168	-15,35	0,01156	-14,13	0,01160	-14,54	0,01157	-14,31
3	0,6	0,01425	0,01540	-8,10	0,01539	-7,99	0,01539	-8,03	0,01535	-7,74
4	1,0	0,02152	0,02310	-7,35	0,02267	-5,33	0,02281	-6,00	0,02279	-5,89
5	1,0	0,01963	0,02121	-8,07	0,02113	-7,66	0,02116	-7,80	0,02114	-7,70
6	1,0	0,01808	0,01924	-6,45	0,01892	-4,68	0,01903	-5,27	0,01900	-5,10
7	1,0	0,01653	0,01762	-6,59	0,01725	-4,40	0,01737	-5,13	0,01737	-5,08
8	1,0	0,01486	0,01580	-6,33	0,01566	-5,39	0,01570	-5,70	0,01567	-5,47
9	1,0	0,01393	0,01465	-5,24	0,01506	-8,13	0,01492	-7,17	0,01491	-7,05
10	1,0	0,01269	0,01360	-7,17	0,01386	-9,19	0,01377	-8,52	0,01376	-8,44
11	1,0	0,01062	0,01142	-7,59	0,01161	-9,30	0,01155	-8,73	0,01154	-8,65
12	1,0	0,00950	0,01100	-15,83	0,01015	-6,88	0,01044	-9,87	0,01040	-9,44
13	1,0	0,01108	0,01171	-5,75	0,01197	-8,04	0,01188	-7,28	0,01187	-7,20
14	1,0	0,00823	0,00853	-3,65	0,00808	1,87	0,00823	0,03	0,00820	0,45
15	1,0	0,00850	0,00866	-1,87	0,00866	-1,87	0,00866	-1,87	0,00866	-1,87
16	1,0	0,00670	0,00595	11,24	0,00702	-4,78	0,00666	0,56	0,00666	0,57
Total		0,15873	0,17141	-7,99	0,16974	-6,93	0,17029	-7,29	0,16998	-7,09

Tabela 4 – Volume parcial por seção e total (m³), obtidos por diversos métodos de cubagem e respectivos desvios em porcentagem: seções de 1 m – árvores da classe diamétrica “D”.

Table 4 – Partial volume by section and total (m³) obtained by several volume calculation formulas and respective deviations in percentage: sections of 1 m – Trees from the diameter class “D”.

Seções	l (m)	Xilôm.	Smalian	D %	Huber	D %	Newton	D %	Centróide	D %
1	0,3	0,01646	0,01802	-9,45	0,01724	-4,72	0,01750	-6,30	0,01742	-5,83
2	0,4	0,01884	0,02188	-16,15	0,02092	-11,05	0,02124	-12,75	0,02113	-12,19
3	0,6	0,02559	0,02770	-8,22	0,02759	-7,81	0,02762	-7,95	0,02758	-7,78
4	1,0	0,04010	0,04172	-4,04	0,04127	-2,93	0,04142	-3,30	0,04138	-3,20
5	1,0	0,03587	0,03776	-5,26	0,03855	-7,46	0,03829	-6,73	0,03822	-6,55
6	1,0	0,03344	0,03406	-1,87	0,03461	-3,51	0,03443	-2,97	0,03435	-2,75
7	1,0	0,02958	0,03118	-5,41	0,03114	-5,25	0,03115	-5,31	0,03110	-5,14
8	1,0	0,02371	0,02538	-7,06	0,02486	-4,87	0,02504	-5,60	0,02500	-5,42
9	1,0	0,02437	0,02510	-3,02	0,02449	-0,49	0,02469	-1,34	0,02455	-0,76
10	1,0	0,02128	0,02242	-5,36	0,02225	-4,57	0,02231	-4,83	0,02229	-4,77
11	1,0	0,01773	0,01898	-7,04	0,01850	-4,31	0,01866	-5,22	0,01863	-5,08
12	1,0	0,01666	0,01786	-7,21	0,01675	-0,55	0,01712	-2,77	0,01704	-2,28
13	1,0	0,01733	0,01622	6,36	0,01462	15,61	0,01515	12,53	0,01489	14,08
14	1,0	0,01507	0,01562	-3,67	0,01503	0,22	0,01523	-1,08	0,01519	-0,82
15	1,0	0,00830	0,00923	-11,15	0,00851	-2,55	0,00875	-5,42	0,00871	-4,95
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		0,29872	0,31615	-5,84	0,31195	-4,43	0,31335	-4,90	0,31254	-4,63

Tabela 5 – Volume parcial por seção e total (m³), obtidos por diversos métodos de cubagem e respectivos desvios em porcentagem: seções de 2 m – árvores da classe diamétrica “A”.

Table 5 – Partial volume by section and total (m³) obtained by several volume calculation formulas and respective deviations in percentage: sections of 2 m – Trees from the diameter class “A”.

Seções	l (m)	Xilôm.	Smalian	D %	Huber	D %	Newton	D %	Centróide	D %
1	0,7	0,00500	0,00538	-7,60	0,00509	-1,80	0,00519	-3,80	0,00513	-2,60
2	0,6	0,00337	0,00369	-9,54	0,00373	-10,64	0,00372	-10,28	0,00371	-10,09
3	2,0	0,01023	0,01067	-4,36	0,01099	-7,46	0,01088	-6,43	0,01085	-6,05
4	2,0	0,00906	0,00896	1,11	0,00924	-1,99	0,00915	-0,96	0,00912	-0,62
5	2,0	0,00684	0,00717	-4,82	0,00681	0,38	0,00693	-1,36	0,00691	-0,99
6	2,0	0,00498	0,00496	0,37	0,00506	-1,60	0,00502	-0,94	0,00499	-0,20
7	2,0	0,00462	0,00429	7,08	0,00433	6,28	0,00431	6,55	0,00430	6,89
8	2,0	0,00240	0,00236	1,55	0,00254	-5,81	0,00248	-3,36	0,00245	-2,27
9	2,0	0,00070	0,00098	-39,39	0,00087	-24,47	0,00091	-29,45	0,00091	-29,42
Total		0,04128	0,04215	-2,10	0,04229	-2,44	0,04224	-2,32	0,04204	-1,84

Tabela 6 – Volume parcial por seção e total (m^3), obtidos por diversos métodos de cubagem e respectivos desvios em porcentagem: seções de 2 m – árvores da classe diamétrica “B”.

Table 6 – Partial volume by section and total (m^3) obtained by several volume calculation formulas and respective deviations in percentage: sections of 2 m – Trees from the diameter class “B”.

Seções	l (m)	Xilôm.	Smalian	D %	Huber	D %	Newton	D %	Centróide	D %
1	0,7	0,01071	0,01223	-14,19	0,01157	-8,03	0,01179	-10,08	0,01171	-9,34
2	0,6	0,00781	0,00854	-9,46	0,00858	-9,86	0,00857	-9,73	0,00855	-9,56
3	2,0	0,02257	0,02454	-8,71	0,02350	-4,11	0,02384	-5,65	0,02373	-5,16
4	2,0	0,01870	0,01999	-6,87	0,02023	-8,17	0,02015	-7,74	0,02007	-7,31
5	2,0	0,01448	0,01547	-6,83	0,01566	-8,11	0,01559	-7,68	0,01554	-7,33
6	2,0	0,00886	0,00924	-4,34	0,00916	-3,42	0,00919	-3,73	0,00915	-3,33
7	2,0	0,00441	0,00465	-5,42	0,00459	-3,95	0,00461	-4,44	0,00460	-4,20
8	2,0	0,00350	0,00315	10,14	0,00320	8,59	0,00318	9,10	0,00318	9,13
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		0,08549	0,09244	-8,13	0,09109	-6,56	0,09154	-7,08	0,09117	-6,65

Tabela 7 – Volume parcial por seção e total (m^3), obtidos por diversos métodos de cubagem e respectivos desvios em porcentagem: seções de 2 m – árvores da classe diamétrica “C”.

Table 7 – Partial volume by section and total (m^3) obtained by several volume calculation formulas and respective deviations in percentage: sections of 2 m – Trees from the diameter class “C”.

Seções	l (m)	Xilôm.	Smalian	D %	Huber	D %	Newton	D %	Centróide	D %
1	0,7	0,01890	0,02144	-13,44	0,02090	-10,58	0,02108	-11,53	0,02097	-10,95
2	0,6	0,01425	0,01540	-8,10	0,01539	-7,99	0,01539	-8,03	0,01535	-7,74
3	2,0	0,04114	0,04428	-7,62	0,04434	-7,77	0,04432	-7,72	0,04418	-7,38
4	2,0	0,03298	0,03547	-7,57	0,03451	-4,65	0,03483	-5,62	0,03473	-5,33
5	2,0	0,02564	0,02754	-7,40	0,02665	-3,94	0,02695	-5,09	0,02681	-4,55
6	2,0	0,02190	0,02371	-8,27	0,02310	-5,47	0,02330	-6,40	0,02327	-6,25
7	2,0	0,01108	0,01300	-17,30	0,01164	-5,05	0,01209	-9,13	0,01204	-8,63
8	2,0	0,01185	0,01281	-8,13	0,01197	-0,99	0,01225	-3,37	0,01220	-2,96
9	2,0	0,00670	0,00595	11,24	0,00702	-4,78	0,00666	0,56	0,00666	0,57
Total		0,15873	0,17270	-8,80	0,16887	-6,39	0,17015	-7,19	0,16956	-6,82

Os resultados dos desvios entre os volumes verdadeiros (xilômetro) e os calculados por seções do fuste deste estudo se assemelham em parte aos resultados encontrados por Machado & Nadolny (1991), os quais compararam os métodos de Smalian, Huber e Newton, com diferentes comprimentos de

seção, para *Pinus elliottii*. Esses autores observaram tendências de todos os métodos de cubagem superestimarem a porção inferior do fuste, sendo o método de Huber o de melhor desempenho para esta porção, tal qual pode ser observado nos resultados desta pesquisa.

Tabela 8 – Volume parcial por seção e total (m³), obtidos por diversos métodos de cubagem e respectivos desvios em porcentagem: seções de 2 m – árvores da classe diamétrica “D”.

Table 8 – Partial volume by section and total (m³) obtained by several volume calculation formulas and respective deviations in percentage: sections of 2 m – Trees from the diameter class “D”.

Seções	l (m)	Xilôm.	Smalian	D %	Huber	D %	Newton	D %	Centróide	D %
1	0,7	0,03530	0,03990	-13,03	0,03816	-8,10	0,03874	-9,75	0,03856	-9,24
2	0,6	0,02559	0,02770	-8,22	0,02759	-7,81	0,02762	-7,95	0,02758	-7,78
3	2,0	0,07597	0,07891	-3,86	0,08005	-5,37	0,07967	-4,87	0,07935	-4,44
4	2,0	0,06302	0,06522	-3,50	0,06527	-3,57	0,06525	-3,54	0,06495	-3,06
5	2,0	0,04365	0,04490	-2,87	0,04697	-7,63	0,04628	-6,04	0,04596	-5,29
6	2,0	0,03693	0,03958	-7,18	0,03817	-3,35	0,03864	-4,62	0,03858	-4,45
7	2,0	0,02223	0,02200	1,03	0,02318	-4,27	0,02279	-2,50	0,02254	-1,38
8	2,0	0,01243	0,01304	-4,93	0,01257	-1,20	0,01273	-2,44	0,01270	-2,19
9	2,0	0,00830	0,00923	-11,15	0,00851	-2,55	0,00875	-5,42	0,00871	-4,95
Total		0,29872	0,31427	-5,20	0,31513	-5,49	0,31484	-5,40	0,31339	-4,91

Tabela 9 – Volume parcial por seção e total (m³), obtidos por diversos métodos de cubagem e respectivos desvios em porcentagem: seções de 4 m – árvores da classe diamétrica “A”.

Table 9 – Partial volume by section and total (m³) obtained by several volume calculation formulas and respective deviations in percentage: sections of 4 m – Trees from the diameter class “A”.

Seções	l (m)	Xilôm.	Smalian	D %	Huber	D %	Newton	D %	Centróide	D %
1	1,3	0,00837	0,00908	-8,48	0,00882	-5,38	0,00891	-6,45	0,00884	-5,62
2	4,0	0,01929	0,01981	-2,67	0,01947	-0,93	0,01958	-1,51	0,01949	-1,03
3	4,0	0,01059	0,01086	-2,59	0,01082	-2,13	0,01083	-2,28	0,01062	-0,27
4	4,0	0,00431	0,00412	4,53	0,00413	4,25	0,00412	4,34	0,00408	5,35
5	4,0	0,00085	0,00087	-2,06	0,00085	-0,17	0,00086	-0,80	0,00086	-0,66
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		0,04128	0,04228	-2,43	0,04165	-0,90	0,04186	-1,41	0,04148	-0,47

Tabela 10 – Volume parcial por seção e total (m³), obtidos por diversos métodos de cubagem e respectivos desvios em porcentagem: seções de 4 m – árvores da classe diamétrica “B”.

Table 10 – Partial volume by section and total (m³) obtained by several volume calculation formulas and respective deviations in percentage: sections of 4 m – Trees from the diameter class “B”.

Seções	l (m)	Xilôm.	Smalian	D %	Huber	D %	Newton	D %	Centróide	D %
1	1,3	0,01851	0,02077	-12,21	0,02014	-8,81	0,02035	-9,94	0,02026	-9,45
2	4,0	0,04127	0,04528	-9,73	0,04376	-6,03	0,04427	-7,26	0,04375	-6,02
3	4,0	0,02054	0,02191	-6,64	0,02188	-6,49	0,02189	-6,54	0,02168	-5,55
4	4,0	0,00481	0,00504	-4,63	0,00509	-5,73	0,00507	-5,36	0,00506	-5,18
5	4,0	0,00304	0,00292	4,06	0,00297	2,17	0,00295	2,80	0,00295	2,88
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		0,08549	0,09328	-9,12	0,09116	-6,64	0,09187	-7,47	0,09105	-6,51

Tabela 11 – Volume parcial por seção e total (m³), obtidos por diversos métodos de cubagem e respectivos desvios em porcentagem: seções de 4 m – árvores da classe diamétrica “C”.

Table 11 – Partial volume by section and total (m³) obtained by several volume calculation formulas and respective deviations in percentage: sections of 4 m – Trees from the diameter class “C”.

Seções	l (m)	Xilôm.	Smalian	D %	Huber	D %	Newton	D %	Centróide	D %
1	1,3	0,03315	0,03684	-11,13	0,03628	-9,44	0,03647	-10,02	0,03632	-9,56
2	4,0	0,07213	0,07864	-9,03	0,07597	-5,32	0,07686	-6,55	0,07670	-6,33
3	4,0	0,03967	0,04420	-11,43	0,04089	-3,08	0,04199	-5,86	0,04181	-5,40
4	4,0	0,01385	0,01596	-15,30	0,01493	-7,80	0,01527	-10,30	0,01514	-9,36
5	4,0	0,00675	0,00752	-11,36	0,00758	-12,34	0,00756	-12,01	0,00755	-11,84
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total		0,15873	0,17548	-10,55	0,16811	-5,91	0,17057	-7,46	0,16997	-7,08

Tabela 12 – Volume parcial por seção e total (m³), obtidos por diversos métodos de cubagem e respectivos desvios em porcentagem: seções de 4 m – árvores da classe diamétrica “D”.

Table 12 – Partial volume by section and total (m³) obtained by several volume calculation formulas and respective deviations in percentage: sections of 4 m – Trees from the diameter class “D”.

Seções	l (m)	Xilôm.	Smalian	D %	Huber	D %	Newton	D %	Centróide	D %
1	1,3	0,06089	0,06759	-11,00	0,06575	-7,98	0,06636	-8,98	0,06614	-8,62
2	4,0	0,13899	0,14629	-5,25	0,14196	-2,14	0,14341	-3,18	0,14222	-2,32
3	4,0	0,06999	0,07504	-7,22	0,07129	-1,86	0,07254	-3,64	0,07176	-2,53
4	4,0	0,02489	0,02459	1,19	0,02581	-3,69	0,02540	-2,06	0,02517	-1,12
5	4,0	0,01140	0,01237	-8,54	0,01180	-3,55	0,01199	-5,21	0,01195	-4,84
6	4,0	0,00830	0,00923	-11,15	0,00851	-2,55	0,00875	-5,42	0,00871	-4,95
Total		0,29872	0,31831	-6,56	0,30888	-3,40	0,31202	-4,45	0,30961	-3,65

Os métodos de cubagem neste estudo foram aplicados com seções de comprimentos curtos para a porção inferior do fuste, no máximo 1,3 m, onde o método de Huber apresentou as melhores estimativas do volume. No entanto, segundo Patterson et al. (1993) e Wiant Junior et al. (1993), para seções basais com comprimentos maiores (de 2,44; 3,66; 4,88 e 9,75 m), o método Centróide forneceu estimativas mais exatas.

O método de Smalian apresentou os maiores desvios para a porção inferior do fuste em três das quatro classes diamétricas, os quais sempre foram negativos indicando superestimativas. Nos três trabalhos citados anteriormente o método de Smalian apresentou o mesmo comportamento de

superestimar as seções mais basais do fuste. É possível notar na maioria das espécies arbóreas uma dilatação no fuste próximo ao solo, fazendo com que a primeira tora assumia a forma parecida com a de um neilóide. Patterson et al. (1993) explicaram que se uma linha imaginária fosse traçada do topo de uma tora neiloidal até a sua base, com ar ocupando o espaço entre a superfície da tora e a linha imaginária (Figura 1), a fórmula de Smalian descreveria a tora de maneira que o volume de ar fosse incorporado à estimativa do seu volume. E com o aumento do comprimento, este volume de ar também aumenta, conseqüentemente, o desvio em porcentagem aumenta com o comprimento da tora.

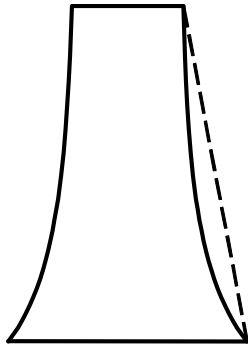


Figura 1 – Tora basal em forma de neilóide, representada com uma linha do topo até a base.

Figure 1 – Butt log with neiloid form, respresented with a line from the top to the base.

3.2 Comparação entre classes diamétricas para o volume total do fuste

Os desvios para os volumes médios do fuste estimados pelos 4 diferentes métodos de cubagem são apresentados na última linha de cada uma das Tabelas de 1 a 12.

A classe diamétrica “A” foi a que apresentou os menores desvios para o volume médio do fuste comparativamente com as demais. Nesta classe diamétrica o melhor desempenho foi observado para o método Centróide utilizando seções de 4 m de comprimento, o qual teve um desvio de -0,47% (Tabela 9). O desvio em porcentagem mais acentuado foi observado para o método de Smalian utilizado com seções de 1m de comprimento, com um valor de -2,64% (Tabela 1).

As duas classes diamétricas intermediárias apresentaram os maiores desvios para o volume médio do fuste. Os desvios para a classe diamétrica “B” variaram de -9,12% até -6,51% (Tabela 10), para o método de Smalian com seções de 4 m de comprimento e para o método Centróide, também com seções de 4 m, respectivamente. Na classe diamétrica “C” os desvios variaram de -10,55% a -5,91% (Tabela 11), para os métodos de Smalian com seções de 4 m e Huber com seções de 4 m, respectivamente.

Os desvios para o volume médio do fuste foram menos acentuados para a maior classe diamétrica (“D”) do que para as duas classes intermediárias, porém não tão baixos como os da classe diamétrica

“A”. Estes variaram entre -6,56% e -3,40% (Tabela 12), para o método de Smalian com seções de 4 m e método de Huber com seções de 4 m, respectivamente.

Quando são analisados os desvios do volume do fuste, neste estudo, ou os desvios referentes ao volume total, nos estudos de Figueiredo Filho et al. (2000), Machado & Nadolny (1991) e Phillips & Taras (1987), todos apresentaram menores desvios para as classes diamétricas inferiores. Este fato pode comprovar a hipótese de que as árvores que crescem sob competição desenvolvem uma forma mais facilmente assimilável pelos diferentes métodos de cubagem, ou sofrem menos influência de dilatações no fuste causadas por nós ou galhos, que por sua vez podem interferir nas medidas do diâmetro ao longo do fuste.

3.3 Comparação entre os métodos de cubagem para o volume total do fuste

Para analisar separadamente o comportamento dos diferentes métodos de cubagem quando aplicados com diferentes comprimentos de seção e nas diferentes classes diamétricas foram feitos gráficos (Figura 2) com os desvios em porcentagem para os volumes médios do fuste.

No gráfico de Smalian, observa-se a tendência do método de superestimar cada vez mais o volume, quanto maior for o comprimento da seção utilizado. Isto acontece em todas as classes diamétricas (A, B, C e D), exceto para a classe diamétrica “A”, porém essa tendência pode ser visualizada quando os desvios são tratados para todas as árvores (Geral), ou seja, não havendo estratificação de acordo com a classe diamétrica.

No gráfico de Huber é possível observar um comportamento inverso ao comportamento de Smalian. Para o maior comprimento de seção os desvios foram menores ou muito próximos dos comprimentos de seção de 1 e 2 m. Ao se observar a curva dos desvios para todas as árvores (Geral) nota-se a diminuição de mais de um ponto percentual quando o método foi aplicado com seções de 4 m com relação aos comprimentos de 1 e 2 m, os quais apresentaram desvios muito parecidos.

O método de Newton não apresentou as tendências de Smalian, tão pouco as de Huber; os seus desvios não sofreram grandes variações com relação aos diferentes comprimentos de seção utilizados.

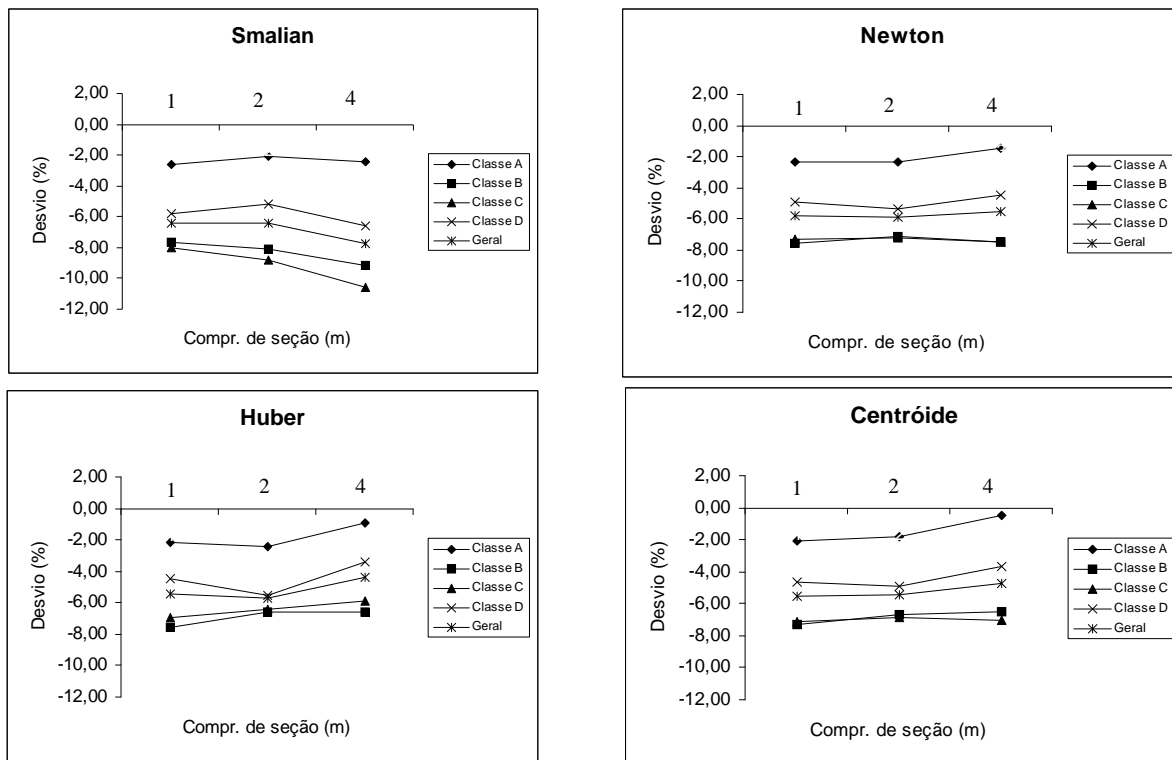


Figura 2 – Desvios em porcentagem para o volume médio do fuste estimado por Smalian, Huber, Newton e Centróide; para árvores agrupadas nas quatro classes diamétricas e não agrupadas.

Figure 2 – Deviations in percentage for the stem average volume estimated by Smalian, Huber, Newton and Centróide for grouped trees in the four diameter classes and for ungrouped trees.

O método Centróide apresentou as mesmas tendências do método de Huber, porém com diferenças menos acentuadas entre os valores dos desvios para os diferentes comprimentos de seção utilizados.

Figueiredo Filho et al. (2000) apresentaram gráficos dos erros absolutos em porcentagem para os métodos de Smalian, Huber, Newton e Centróide, combinados com comprimentos de seção de 1, 2, 4 e 6 m. Os comportamentos dos métodos de cubagem foram semelhantes aos apresentados neste estudo com relação aos diferentes comprimentos de seção. Entretanto, nos resultados de Figueiredo Filho et al. (2000) os métodos de Huber e Centróide apresentaram uma maior estabilidade na disposição dos erros conforme os comprimentos de seção.

Na Tabela 13 são apresentados os volumes dos fustes médios por classe de diâmetro e por

comprimento de seção calculados pelos 4 métodos de cubagem que estão sendo testados. Na primeira linha desta tabela estão os volumes obtidos através do xilômetro. A média do volume xilometrado serviu de comparador (testemunha) com as médias dos demais métodos (tratamentos). Como se pode observar, todos os desvios tiveram valores negativos. Isto indica que todos os tratamentos comparados superestimaram o volume verdadeiro obtido pelo xilômetro. Os desvios estão dispostos em ordem decrescente, portanto, os tratamentos de melhor desempenho estão dispostos de cima para baixo na tabela.

Observa-se também nesta Tabela 13 que os desvios variaram de $-4,38\%$ a $-7,73\%$, os quais podem ser considerados relativamente altos. As pesquisas de Figueiredo Filho et al. (2000) e Machado & Nadolny (1991) desenvolvidas para *Pinus elliottii*

apresentaram, de um modo geral, menores desvios do que os obtidos neste trabalho com bracinga, excetuando-se a fórmula de Smalian quando aplicada com comprimentos de seção grandes. Isto pode ter ocorrido devido ao fato de que as formas dos fustes de bracinga sejam mais irregulares do que as de Pinus.

Os resultados deste estudo vão de encontro às demais pesquisas citadas na revisão bibliográfica, quanto à performance do método de Smalian. Observa-se na Tabela 13 que o método de Smalian é o de pior desempenho. Quando o método de Smalian foi aplicado com seções de 4 m chegou a superestimar em mais de 7%, tendo como base o volume obtido pelo xilômetro, tido como verdadeiro.

3.4 Análise estatística

O teste de Bartlett aplicado ao presente experimento confirmou a hipótese (H_0) de que as variâncias dos tratamentos são homogêneas e que portanto, pode-se proceder a análise de variância.

Na Tabela 14, são apresentados os resultados da análise de variância realizada com os dados obtidos. De acordo com os F's calculados e críticos houve

diferença altamente significativa entre as 4 classes diamétricas (blocos). Existe também diferença significativa entre os tratamentos aplicados, ou seja, entre os métodos de cubagem. Observou-se também a existência de diferença significativa quanto à interação entre classes diamétricas e os tratamentos. Por outro lado, a análise de variância mostrou que não houve diferenças significativas, nem entre os diferentes comprimentos de seção, dentro de cada tratamento, nem tão pouco entre a interação tratamentos versus comprimentos de seção.

Para verificar quais os tratamentos que apresentaram diferenças estatísticas significativas foi aplicado o teste de SNK (Student, Newman e Keuls), o qual é derivado do teste de Tukey (usa a tabela de Tukey) e Duncan (usa a metodologia de Duncan). O teste foi aplicado ao nível de significância de 5% (Tabela 15). Constatou-se que todos os tratamentos aplicados apresentaram diferenças significativas com relação à testemunha, (volume obtido pelo xilômetro). Porém, os métodos de cubagem analíticos não apresentaram diferenças significativas entre si.

Tabela 13 – Resumo geral dos resultados de todos os tratamentos considerando as árvores não agrupadas (geral).

Table 13 – General summary of results of all treatments, considering ungrouped trees.

Tratamentos		Blocos				Média	D %
		A	B	C	D		
Xilômetro		0,0413	0,0855	0,1587	0,2987	0,1461	
Huber	1m	0,0422	0,0919	0,1697	0,3120	0,1540	-5,41
	2m	0,0423	0,0901	0,1689	0,3151	0,1541	-5,51
	4m	0,0417	0,0912	0,1681	0,3089	0,1525	-4,38
Centróide	1m	0,0421	0,0918	0,1700	0,3125	0,1541	-5,51
	2m	0,0420	0,0912	0,1696	0,3134	0,1540	-5,47
	4m	0,0415	0,0911	0,1700	0,3096	0,1530	-4,77
Newton	1m	0,0423	0,0920	0,1703	0,3134	0,1545	-5,76
	2m	0,0422	0,0915	0,1702	0,3148	0,1547	-5,92
	4m	0,0419	0,0919	0,1706	0,3120	0,1541	-5,50
Smalian	1m	0,0424	0,0920	0,1714	0,3161	0,1555	-6,46
	2m	0,0421	0,0924	0,1727	0,3143	0,1554	-6,39
	4m	0,0423	0,0933	0,1755	0,3183	0,1573	-7,73

Tabela 14 – Análise de Variância.**Table 14** – Analysis of variance table.

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F calc.	F tab. 1%
Blocos	3	0,6190463877	0,2063487959	8358,20	5,95
Tratamentos (A)	4	0,0007216171	0,0001804043	7,31	5,41
Bloc * Trat (Res A)	12	0,0002962582	0,0000246882	22,28	2,84
Comp Seção (B)	2	0,0000008053	0,0000004026	0,36	5,39
Trat * Comp Seção (AB)	8	0,0000192332	0,0000024042	2,17	3,17
Res B	30	0,0000332478	0,0000011083		
Total	59	0,6201175493			

Tabela 15 – Teste de comparação de médias dos tratamentos.**Table 15** – Comparison of means test of among treatments.

Tratamentos	Média	SNK (5%)
Xilômetro	0,14605	A
Huber	0,15350	B
Centróide	0,15372	B
Newton	0,15441	B
Smalian	0,15607	B

4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados da presente pesquisa, todos os métodos de cubagem comparados apresentaram tendência a superestimar o volume verdadeiro.

A análise estatística indicou diferenças significativas para todos os tratamentos do experimento com relação à testemunha. Porém, pode-se inferir que os melhores métodos de cubagem foram Huber e logo em seguida Centróide.

O método de Smalian apresentou as piores estimativas do volume verdadeiro, com tendência a superestimar os volumes da porção inferior do fuste e o volume de todo o fuste, enquanto que o método que melhor estimou a porção inferior do fuste foi Huber.

A classe diamétrica inferior (A) apresentou os menores desvios em todos os tratamentos comparados.

A análise de variância mostrou que os diferentes comprimentos de seção não afetaram

significativamente os volumes calculados pelos métodos de cubagem em todas as classes de diâmetro.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARPANEZZI, A. A. et al. **Manual técnico da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth)**. Curitiba: Embrapa-CNPF, 1988. 70 p.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; CARNEIRO, M. R. A. Testing accuracy of log volume calculation procedures against water displacement techniques (xylometer). **Canadian Journal of Forest Research**, Toronto, v. 30, n. 6, p. 990-997, June 2000.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. ed. Guarapuava: Unicentro, 2006. 316 p.

MACHADO, S. A.; NADOLNY, M. C. Comparação de métodos de cubagem de árvores e de diversos comprimentos de seção. In: CONGRESSO FLORESTAL E DO MEIO AMBIENTE DO PARANÁ, 3., 1991, Curitiba. **Anais...** Curitiba: APEF, 1991. v. 1, p. 89-104.

MARTIN, A. J. Testing volume equation accuracy with water displacement techniques. **Forest Science**, Bethesda, v. 30, n. 4, p. 41-50, 1984.

PATTERSON, D. W.; WIANT JUNIOR, H. V.; WOOD, G. B. Errors in estimating the volume of butt logs. **Forest Products Journal**, Morgantown, v. 43, n. 3, p. 41-44, Mar. 1993.

PHILLIPS, D. R.; TARAS, M. A. Accuracy of log volume estimates by density and formulas compared with water displacement. **Forest Products Journal**, Morgantown, v. 37, n. 10, p. 37-42, Oct. 1987.

WIANT JUNIOR, H. V.; PATTERSON, D. W.; HASSLER, C. C. Comparison of Bruce's formula and other methods for estimating the volume of butt logs: paper presented at modern methods of estimating tree and log volume and increment. In: CONFERENCE AND WORKSHOP (IUFRO S4.02), 1993, Morgantown. **Anais...** Morgantown: IUFRO, 1993. p. 79-85.

WIANT JUNIOR, H. V.; WOOD, G. B.; FURNIVAL, G. M. Estimating log volume using the centroid position. **Forest Science**, Bethesda, v. 38, n. 1, p. 187-191, Feb. 1992.

WOOD, G. B.; WIANT JUNIOR, H. V.; LOY, R. J.; MILLES, J. A. Centroid sampling: a variant of importance sampling for estimating the volume of sample trees of radiata pine. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 36, n. 2/4, p. 233-243, Sept. 1990.

YOUNG, H. E.; ROBBINS, W. C.; WILSON, S. Errors in volume determination of primary forest products. **Pulp & Paper Magazine of Canada**, Quebec, v. 68, p. 389-394, 1967.